

10/526885  
 Recd PCT/PTG 01 MAR 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
 PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
 Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
 18. März 2004 (18.03.2004)

PCT

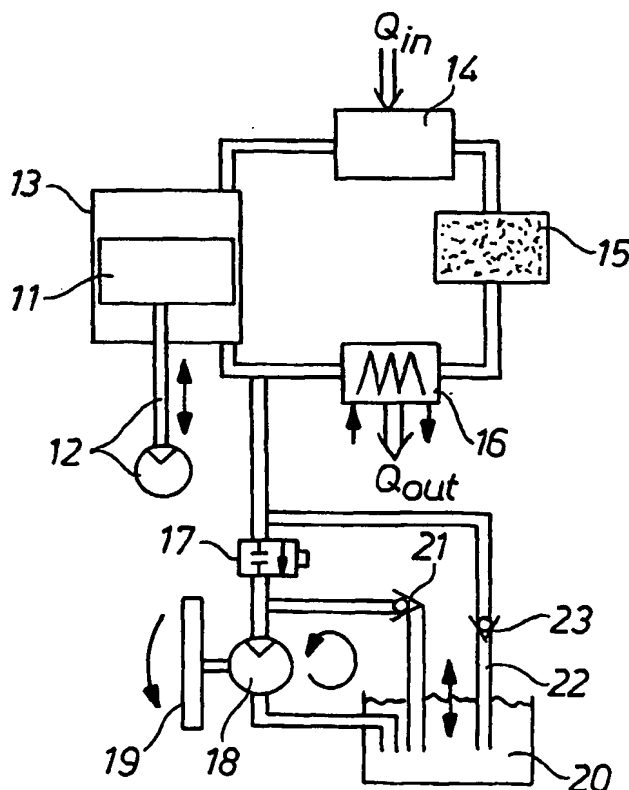
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
 WO 2004/022962 A1

- |   |  |   |
|---|--|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :     | F02G 1/04                                      | (71) Anmelder und                                       |
| (21) Internationales Aktenzeichen:                          | PCT/DE2003/002810                              | (72) Erfinder: KLEINWÄCHTER, Jürgen [DE/DE]; Lin-       |
| (22) Internationales Anmeldedatum:                          | 20. August 2003 (20.08.2003)                   | denstrasse 15, 79400 Kandern (DE). WEBER, Eckhart       |
| (25) Einreichungssprache:                                   | Deutsch  | [DE/DE]; Am Laufer Schlagturm 6, 90403 Nürnberg (DE).   |
| (26) Veröffentlichungssprache:                              | Deutsch  | (72) Erfinder; und                                      |
| (30) Angaben zur Priorität:                                 | 102 40 924.2 2. September 2002 (02.09.2002) DE | (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PACCOUD, Olivier   |
| (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von | US): COLSMAN-FREYBERGER, Claus [DE/US]; 715    | [FR/FR]; 160 Sternlisberg, F-68380 Breitenbach (FR).    |
| North Broadway, Hasting-on-Hudson, NY 10706 (US).           |  | (74) Anwälte: CASTELL, Klaus usw.; Lierman-Castell,     |
|   |  | Gutenbergstrasse 12, 52349 Düren (DE).                  |
|   |  | (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, |
|   |  | AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,     |
|   |  | CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,     |
|   |  | GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,     |
|   |  | KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,         |

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOHYDRODYNAMIC POWER AMPLIFIER

(54) Bezeichnung: THERMO-HYDRODYNAMISCHER-KRAFTVERSTÄRKER



(57) Abstract: The invention relates to a thermohydrodynamic power amplifying machine, which enables a liquid working medium to carry out useful work in a three-phase working cycle (isochoric heating, isothermic expansion, contraction by regenerative cooling) while using an external heat source and an external cold sink. The work performed by the auxiliary drive (12) on the displacer (11) is considerably less than the (power amplification) produced by the conversion system (18, 19). A reverse operating externally driven machine functions as a heat pump/cooling machine.

(57) Zusammenfassung: Thermo-Hydrodynamische-Kraftverstärkungsmaschine, die unter Nutzung einer äusseren Wärmequelle und einer äusseren Kältesenke ein flüssiges Arbeitsmedium in einem Dreitaktarbeitszyklus (isochore Erhitzung, isotherme Entspannung, Kontraktion durch regenerative Kühlung) nützliche Arbeit verrichten lässt. Dabei ist die am Verdränger (11) durch den Hilfsantrieb (12) geleistete Arbeit erheblich geringer, als die vom Umwandlungssystem (18, 19) erzeugte (Kraftverstärkung). Eine invers arbeitende, fremd angetriebene Maschine wirkt als Wärmepumpe/Kältemaschine.

WO 2004/022962 A1

BEST AVAILABLE COPY



MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Thermo - Hydrodynamischer Kraftverstärker

Flüssigkeiten sind im Vergleich zu Gasen praktisch inkompressibel, haben eine geringere, wärmebedingte Volumenzunahme, wesentlich höhere spezifische Wärmekapazitäten und bieten die Möglichkeit, Wärme besser zu tauschen. Der Versuch alternativ zum Arbeitsgas Flüssigkeiten in Wärmekraftmaschinen einzusetzen, wurde Mitte der 20-iger Jahre des vorigen Jahrhunderts von J. F. Malone aus Newcastle-on-Tyne (England) unternommen.

Er entwickelte eine der Heißgas-Stirling Maschine ähnliche regenerative Maschine, die aber statt mit Luft mit Druckwasser als Arbeitsmedium gefüllt ist. (U.S. Patent 1,487,664 vom 18. März 1924 und U.S. Patent 1,7717,161 vom 11. Juni 1929).

Er konnte nachweisen, dass er bei einer Temperaturdifferenz von 305K einen Wirkungsgrad von 27% erreichte, was einem beachtlichen Realisierungsgrad von 54% des idealen Carnot Zykluses gleichkommt und im Vergleich zu den damals üblichen Dampfmaschinen etwa doppelt so hoch war.

Der Grund für diesen guten Wirkungsgrad lag in der Tatsache begründet, dass die Maschine wie die Stirlingmaschine einen Wärmeregenerator besaß und zudem die gegenüber Gasen wesentlich besseren Wärmetübertragungseigenschaften der Flüssigkeiten nutzte. In Fig. 1 ist die Malone Maschine schematisch dargestellt. Dabei ist (1) der Arbeitszylinder, (2) der Verdrängerzylinder, (3) der Erhitzer der durch die äußere (Flammen)wärme (3a) ständig erhitzt wird, (4) der Kühler, (5) der Verdrängerkolben, der den Regenerator (2a) um 90° gegenüber dem Arbeitskolben (6) phasenverschoben von heiß nach kalt schiebt. Der mit dem Schwungrad (7) über die Pleuelstange (7a) verbundene Arbeitskolben (6) überträgt über den Hilfspleuel (8a) und den Exzenter (8) die phasenverschobene oszillierende Bewegung auf die Regeneratorstrecke (2a).

In Fig. 2 ist im PV-Diagramm sowohl ein idealer Stirling Zyklus (10), als auch der von der Malone Maschine realisierte Zyklus (9) dargestellt.

Da Wasser nur unter sehr hohen Drücken von >100 bar im verlangten Arbeitstemperaturbereich flüssig bleibt, musste Malone sehr druckfeste Zylinder einsetzen. Da er außerdem auf Kurbelwellen und Arbeitskolben zur Umwandlung der thermisch in der Flüssigkeit erzeugten Druckschwankungen in rotierende Wellenenergie zurückgriff, unterwarf er die Flüssigkeit, wie bei klassischen Arbeitsmaschinen üblich, einem Arbeitszyklus, bei dem prinzipiell während der (heißen) Expansionsphase über den Ar-

beitskolben und das Kurbelwellen-Schwungrad System nützliche Arbeit abgegeben wird, während bei der (kalten) Rückkompressionsphase Arbeit in das System gebracht werden muss, die aus einem Teil der Expansionsarbeit, die im Schwungrad gespeichert wurde, stammt.

5 Da Flüssigkeiten im Vergleich zu Gasen oder Flüssig-Dampfgemischen nahezu inkompressibel sind, ist es unvermeidlich, dass durch die starre Zwangskoppelung die Arbeitskolben, Verdränger, Kurbelwelle und Schwungrad dem Fluid aufprägen, insbesondere während der Rückkompressionsphase extrem hohe Drücke erzeugt werden. Dies führt zu sehr hohen Druckwechselbelastungen und erfordert sehr schwere Schwungmassen, die ihrerseits starke dynamische Lasten auf die Lager und die Gesamtstruktur übertragen.

10 Damit wurden die grundsätzlichen Vorteile der Malone Maschine (gegenüber Gasen wesentlich bessere Wärmeübertragungseigenschaften, hohe Wärmekapazität und damit Leistungsdichte) durch die aus dieser Bauweise resultierenden Lebensdauer limitierenden Druckschwankungen konterkariert. Dies ist auch der Grund dafür, warum diese Maschine trotz überlegener Thermodynamik keinen Eingang in den täglichen Gebrauch fand.

15 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die bereits von Malone erkannten grundsätzlichen Vorteile von Flüssigkeiten als thermodynamische Arbeitsmedien in einer technisch neuartigen Bauweise so zu nutzen, dass die beschriebenen negativen Aspekte nicht mehr auftauchen.

Die im folgendem beschriebene erfindungsgemäße Maschine wirkt als Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker (THK).

20 Der THK durchläuft im PV-Diagramm (Fig. 3) einen grundsätzlich anderen Zyklus als klassische Wärmekraftmaschinen. Dabei wird die Flüssigkeit von a nach b isochor erwärmt. Der Anfangsdruck  $P_0$  entspricht dabei dem Umgebungsdruck (oder einem geringfügig höheren Druck). Sobald in der Flüssigkeit der gewünschte Druck  $P_1$  erreicht ist, öffnet ein Absperrlement (17) und die Flüssigkeit expandiert, in dem sie Arbeit an einem nachgeschalteten System (Hydraulikmotor, Kompressorkolben usw.) leistet. Diese Entspannung geschieht bis bei nun größerem Volumen und höherer Temperatur gegenüber dem Anfangszustand a bei c wiederum der Anfangsdruck  $P_0$  erreicht wird. Im Gegensatz zu klassischen Maschinen, bei denen das Fluid in den Anfangszustand a durch mechanische Rückkompression zurückgebracht wird, wird beim THK die Kontraktion der Flüssigkeit durch Wärmeentzug herbeigeführt. Dies hat erfindungsgemäß den großen Vorteil, dass, da sämtliche Nutzenergie während der Expansionsphase  
30 von b nach c entzogen wird, keine mechanische Energie in irgendeiner Weise (Schwungrad, Windkessel usw.) zwischengespeichert werden muss. Ferner liegt in diesem Prinzip, wie im weiteren ausgeführt

wird, die erfindungsgemäße Möglichkeit auf einen Kurbelwellenmechanismus, mit dem von diesem ausgeübten Zwangskräften auf das Fluid, vollständig zu verzichten.

Wird zudem während der Arbeitsphasen  $a \rightarrow b$  und  $c \rightarrow a$  ein Regenerator oder Rekuperator in den Wärmetauschprozeß einbezogen und die Expansion des Fluids isotherm geführt, ist der durch die Eckpunkte a, b, c festgelegte Arbeitsprozeß mit Ausnahme von irreversiblen Verlusten im Fluid und Wärmeverlusten thermodynamisch ideal.

In Fig. 4 ist die Grundfiguration eines THK in Kombination mit einem Hydraulikmotors schematisch dargestellt.

Dabei ist (11) der Verdrängerkolben der von einem Linearantrieb (12) im Inneren der Druckzylinders (13) auf und ab bewegt wird. Er verdrängt das Arbeitsfluid periodisch über eine Erhitzer (14), Regenerator (15) und Kühler (16) – Strecke – hin und zurück. Als schaltbares Absperrelement (17) dient ein hydraulisches Ventil. Dieses ist zu Beginn des Zykluses (Fig. 3, Strecke  $a \rightarrow b$ ) geschlossen, wenn sich der Verdrängerkolben nach unten bewegt und somit die Flüssigkeit auf die heiße Seite des Systems befördert. Beim Erreichen des gewünschten Druckes  $P_1$  im Punkte b des PV-Diagrammes öffnet das Ventil und die Flüssigkeit expandiert bei hohem Druck unter Arbeitsabgabe durch den Hydraulikmotor (18) mit angekoppeltem Schwungrad (19). Das entspannte Fluid sammelt sich anschließend in dem Sammelgefäß (20). Eine Zirkulationsleitung mit dem Rückschlagventil (21) sorgt für einen ständigen Umlauf des Fluids vom Sammelgefäß durch den Hydraulikmotor, solange sich dieser dreht. Wenn die arbeitsliefernde Entspannung des Fluids (Punkt c im PV-Diagramm, Fig. 3) beendet ist, wird das Ventil (17) geschlossen, der Verdränger (11) bewegt sich nach oben und verdrängt das Fluid auf die kalte Seite des Systems (Strecke  $c \rightarrow a$  in Fig. 3). Das sich abkühlende Fluid kontrahiert zum Anfangspunkt a des Zyklusses (Fig. 3) und saugt dabei über die Leitung (22) und das Rückschlagsventil (23) Fluid aus dem Sammelgefäß (20) nach.

Da der Regenerator (15) in abwechselnder Richtung vom heißen und kaltem Fluid durchströmt wird, speichert er temporär fast ohne Entropieverlust (weil Wärme und Kälte längs eines linear ansteigenden Temperaturprofiles rückgewonnen werden) Wärme und gibt diese zum richtigen Zeitpunkt wieder an das Fluid ab.

Bei geeigneter Wahl der Oszillationsfrequenz des Verdrängers (11) und der richtigen Dimensionierung der Strömungsquerschnitte durch die Erhitzer, Regenerator, Kühlerstrecke wird erreicht, dass der Betrag der von der expandierenden Flüssigkeit abgegebenen Arbeit um ein vielfaches höher ist, als die von Verdrängerkolben geleistete Arbeit. Aus diesem Grunde und wegen ihrer Wirkungsweise nennen wir die

erfindungsgemäße Maschine Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker (THK).

Zum besseren Verständnis in den Figuren 4a, 4b, 4c nochmals die drei Arbeitstakte schematisch dargestellt und dem jeweiligen Abschnitt im PV-Diagramm zugerechnet. Dabei stellt  $\rightarrow$  den Fluidfluß unter Druck dar, - - -  $\rightarrow$  Druckfluid ohne Bewegung, . . . . .  $\rightarrow$  Fluidbewegung mit geringem Druck dar.

- 5 In Fig. 4a wird das Fluid isochor komprimiert. Der Verdrängerkolben (11) angetrieben vom Linearantrieb (12) befindet sich auf seinem Weg nach unten. Das Hydraulikventil (17) ist geschlossen. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $a \rightarrow b$  durchfahren. Das Fluidniveau im Ausdehnungsgefäß (20) befindet sich auf seinem niedrigsten Stand.

- 10 In Fig. 4a wird das Fluid isochor komprimiert. Der Verdrängerkolben (11) angetrieben vom Linearantrieb (12) befindet sich auf seinem Weg nach unten. Das Hydraulikventil (17) ist geschlossen. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $a \rightarrow b$  durchfahren. Das Fluidniveau im Ausdehnungsgefäß (20) befindet sich auf seinem niedrigsten Stand.

- 15 In Fig. 4b hat der Verdrängerkolben (11) den unteren Totpunkt erreicht. Der Linearantrieb (12) steht. Das Hydraulikventil (17) hat geöffnet. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $b \rightarrow c$  durchfahren. Der Hydraulikmotor (18) wird von der sich entspannenden Flüssigkeit angetrieben. Das Fluidniveau im Ausdehnungsgefäß (20) steigt.

- 20 In Fig. 4c bewegt sich der Verdrängerkolben (11) durch den Linearantrieb (12) nach oben. Das Hydraulikventil (17) ist geschlossen. Das drucklose heiße Fluid wird über den Regenerator (15) und Kühler (16) auf die Anfangstemperatur rückgeköhlt und erfährt dadurch eine Kontraktion. Der dadurch entstehende Unterdruck saugt Fluid über die Leitung (22) aus dem Ausdehnungsgefäß (20). Dessen Niveau sinkt bis zum tiefsten Wert. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $c \rightarrow a$  durchfahren. Damit ist wieder der Anfangszustand a des Zykluses erreicht.

- 25 Das bisher geschilderte Grundfunktionsprinzip einer Dreitakt-THK Maschine kann auf verschiedene Weise variiert werden. Eine erfindungsgemäße Möglichkeit besteht darin, statt des Hydraulikventils (17) den Druckaufbau durch den Hydraulikmotor (18) selbst zu nutzen. Dieser kommt dadurch zustande, dass das Schluckvolumen des Hydraulikmotors (18) so gewählt wird, dass es deutlich kleiner ist als der Volumenstrom des Fluids der durch die Erwärmung des Fluids auf der Strecke  $a \rightarrow b$  im PV-Diagramm entsteht. In Fig. 5 ist ein aus einem solchen THK-Prozess resultierendes PV-Diagramm dargestellt. Dabei wird erfindungsgemäß der Prozeß wiederum begonnen, wenn sich das Fluid im Druckzustand  $P_0$  befindet. Das durch Verschieben des Fluids von kalt nach heiß sich ausdehnende Medium durchströmt
- 30

den Hydraulikmotor (17) unter ansteigendem Druck bis bei  $P'_1$  bei b der Verdrängerkolben (11) seinen unteren Totpunkt erreicht hat. Anschließend entspannt sich das Fluid bei festgehaltenem Verdrängerkolben zum Punkt c bei  $P_0$ , und wird dann anschließend durch regenerative Kühlung von  $c \rightarrow a$  kontrahiert. Das Hydraulikventil (17) ist während des Zyklusteils  $a \rightarrow b \rightarrow c$  geschlossen und von  $c \rightarrow b$  geöffnet.

Eine solche Variante des THK-Zyklus erreicht zwar pro Zyklus kleinere Leistungen ist aber durch einen besonders geschmeidigen, kontinuierlichen Lauf gekennzeichnet, und benötigt wegen des geringeren Maximaldruckes eine geringere Druckfestigkeit.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeit besteht in der Kombination der Absperrreigenschaften des Hydraulikventils (17) und des Hydraulikmotors. In Fig. 6 ist das Indikatordiagramm einer solchen THK Variante dargestellt. Ausgehend vom Anfangsdruck  $P_0$  wird das Fluid isochor (Ventil 17 ist geschlossen) auf den Zwischendruck  $P_1$  komprimiert. Von b nach  $b'$  entspannt das Fluid über den Hydraulikmotor (18) isobar (Ventil 18 ist geöffnet). Nachdem der Verdrängerkolben (11) seinen unteren Totpunkt erreicht hat, entspannt das Fluid von  $b'$  nach c (Ventil 18 ist geöffnet). Dann wird das Fluid bei geschlossenem Ventil 18 wiederum durch reversiblen Wärmeentzug von c auf den Anfangszustand a kontrahiert. Eine solche Variante des THK erreicht gute Zyklenleistungen und schon die Druckzylinder wegen des – im Verhältnis zur Grundvariante – geringeren Maximaldruckes.

Eine weitere, erfindungsgemäß vorteilhafte Ausgestaltung des THK besteht in der Möglichkeit, den Erhitzer (14) und den Kühler (16) immer nur während der Arbeitszyklusabschnitte in den Fluidkreislauf einzubinden, während dem ihre jeweilige Funktion benötigt wird. Dies minimiert einerseits die negativen Auswirkungen von Fluid-Totvolumen und ermöglicht andererseits, die Druckströmungsquerschnitte durch den Erhitzer und den Kühler ohne negative Auswirkungen auf den Zyklus im Hinblick auf einen geringen dynamischen Durchströmungswiderstand und optimale Wärmeübertragungseigenschaften zu gestalten. In Fig. 7 sind die entsprechenden, notwendigen By-passleitungen mit Absperrventilen und deren zeitlicher Einsatz an Hand des PV-Diagrammes schematisch dargestellt.

Während das Fluid von  $a \rightarrow b$  durch den Verdrängerkolben verschoben wird, das Fluid also erwärmt wird, ist es unerwünscht, über den Kühler (16) Wärme zu entziehen. Durch Schließen der Ventile 24a, 24b wird das Fluid in einem By-pass (24c) um den Kühler herumgelenkt und durchströmt anschließend den Regenerator (15) und Erhitzer (14). Bei der anschließenden Entspannung des Fluids von  $b \rightarrow c$  ist wiederum die Kühlung unerwünscht (24a, 24b weiterhin geschlossen, Fluid strömt durch 24c).

Die Nachheizung durch den Erhitzer (14) ist wegen der angestrebten isothermen Entspannung von  $b \rightarrow$

c erwünscht. Die Tatsache, dass von  $a \rightarrow b \rightarrow c$  das Fluid durch den By-pass 24c fließt, ist im PV-Diagramm gekennzeichnet. Wenn das Fluid anschließend von  $c \rightarrow a$  reversibel abgekühlt wird und dadurch kontrahiert, ist nur die Wirkung des Kühlers (16), nicht jedoch die des Erhitzers (14) erwünscht. Deswegen wird nun der Erhitzer über die zwei Ventile 25a, 25b abgesperrt und das Fluid über  
5 den By-pass 25c direkt durch den Regenerator (15) und Kühler (16) geleitet (Ventile 24a, 24b wieder geöffnet). Damit das Fluid bei geöffneten Absperrventilen 24a, 24b bzw. 25a, 25b jeweils durch (16) und (14) strömt, sind die By-passleitungen 24c und 25c mit den Rückschlagventilen 24d und 25d versehen.

Bisher wurden THK Maschinen mit Rotationsauskoppelung durch den Hydraulikmotor geschildert. Da die Zyklusenergie im Verlaufe der Entspannung des Arbeitsfluids stetig abnimmt, ist es nötig, dieses  
10 unstete Leistungsangebot zu „konformieren“. Bei rotierenden Maschinen geschieht dies am besten durch ein entsprechendes Schwungrad (19).

Die Tatsache, dass einerseits Energie nach Außen nur während der Expansionsphase abgegeben wird und andererseits aus Wirkungsgradgründen die Arbeitsfrequenz der THK-Maschine möglichst niedrig sein sollte, führt dazu, dass das Schwungrad neben der beschriebenen Konformierung des unsteten E-  
15 nergieangebotes während der Expansion auch noch relativ lange Zeiträume, während der die Maschine keine Energie abgibt, überbrücken muss. Dies führt naturgemäß zu großen Schwungrädern.

Deswegen besteht eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung der THK-Maschine darin, diese als Mehrzylindermaschine auszuführen (Anzahl  $n$  der Zylinder  $\geq 2$ ) und die zeitliche Ansteuerung der Linearantriebe (12) der verschiedenen Zylinder so vorzunehmen, dass die daraus resultierende Zyklen-  
20 überlappung zu einem geglätteten Antriebsdrehmoment führt. Dies führt zu wesentlich kleineren Schwungrädern.

Erfindungsgemäß soll aber auch die rein translatorische Bewegung der sich ausdehnenden und wieder kontrahierenden Flüssigkeitssäule zum Antrieb von Subsystemen wie typischerweise: Luftkompressoren, Wärmepumpen-Kältemaschinen, -Kompressoren, Reverse-Osmosis Anlagen und ähnlichen genutzt  
25 werden.

In Fig. 8 ist eine solche erfindungsgemäße THK Maschine mit linearer Kraftauskoppelung und Linear-konformator dargestellt. Da die Subsysteme in diesem Falle einen festen Arbeitskolben (statt dem bisher beschriebenen „flüssigen“ Arbeitskolben) nötig machen, ist die vorteilhafte Ausgestaltung dieser Variante des erfindungsgemäßen Gegenstandes durch die Integration des Arbeitskolbens (26) in den Druckzy-  
30 linder (13) und dem sich darin auf- und abbewegendem Verdrängerkolben (11), gegeben. Das Luftpols-ter (27) unterhalb des Arbeitskolbens macht bei dieser Bauart das Ausdehnungsgefäß (Fig. 3, 26) unnö-



- 5 tig. Der sich auch in diesem Falle periodisch während der Expansionsphase unter Kraftentfaltung nach unten bewegend Arbeitskolben wird so lange vom schaltbaren Absperrelement (29), das in diesem Falle vorteilhaft als um die Kolbenstange greifende Backenbremse ausgebildet ist, festgehalten, bis der gewünschte Höchstdruck (im PV-Indikationsdiagramm Punkt b) erreicht ist. Die Kraft wird dann über den geometrisch als Parallelogramm ausgebildeten Kraftkonformator (30) ausgekoppelt. Das Parallelo-
- 10 gramm ist in seinen vier Ecken mit Drehgelenken versehen, die dazu führen, dass sich seine Form durch die aufgeprägte Bewegung ständig verändert (durch 30, 31 angedeutet). Koppelt man nun in einem Eckpunkt dessen Verlaufsachse senkrecht zur durch den Arbeitskolben vorgegebenen Achse steht, die Kolbenstange des erwünschten, mit linearer Kraft zu betreibenden Subsystemes ein, so wird die Kraftwirkung des Arbeitskolbens des THK, die wegen der isothermen Entspannung von b  $\rightarrow$  c asymptotisch verläuft, konformiert, d.h., über den ganzen Arbeitshub vergleichmäßig. Da der THK nur während des Expansion mechanische Arbeit an die Außenwelt abgibt, ist der Arbeitskolben des Subsystemes über die Kolbenstange (33) nur während der Expansion kraftschlüssig verbunden, d.h., er wird vom Konformator nur „geschoben“ und sitzt auf der Trennstelle (33a) lose auf ihm auf (Druck-lose Koppelung).
- 15 Erfindungsgemäß kann dieser Bautyp des THK auch mit den in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellten und im Text geschilderten Zyklusvarianten betrieben werden, sowie mit den in Fig. 7 dargestellten „By-pass“ Anordnungen optimiert werden.

Da der THK eine reversible thermodynamische Maschine darstellt, besteht eine besonders vorteilhafte, erfindungsgemäße Variante in seiner Ausgestaltung als Kältemaschine-Wärmepumpe.

- 20 In den Figuren 9a, 9b, 9c ist eine solche THK-Maschine jeweils mit den korrespondierenden Arbeitsschritten während der drei Arbeitsphasen der antreibenden THK-Maschine und der angetriebenen THK-Kältemaschine-Wärmepumpe, dargestellt.

- Dabei hat die antreibende THK-Maschine grundsätzlich denselben Aufbau wie er in Fig. 8 dargestellt und im vorhergehenden Text beschrieben wird. Durch den Konformatormechanismus (30) wird durch die ebenfalls beschriebene Druck-lose Koppelung (33a) periodisch und zur Antriebsmaschine phasenverschoben der Arbeitskolben (26a) der angetriebenen Kältemaschine, -Wärmepumpe in den Zylinder (13a) hineingeschoben. Die Kältemaschine besitzt erfindungsgemäß grundsätzlich dieselben Elemente wie die Arbeitsmaschine, die daher mit derselben Nr. und dem Index a gekennzeichnet sind (14a=Erhitzer, 15a=Regenerator, 16a=Kühler, 11a=Verdränger, 12a=Verdrängerkolbenlinearantrieb, 29a=schaltbares Absperrelement). In Fig. 9a sind im rechten oberen PV-Diagramm die phasenverschobenen Arbeitszyklen der THK-Arbeitsmaschine (— Linie) und der THK-Kältemaschine (- - -
- 25
- 30

Linie) dargestellt. Links daneben von Fig. 9a bis Fig. 9c sind nur die jeweils korrespondierenden Arbeitstakte der Arbeits- und der Kältemaschine für die drei wesentlichen Arbeitstakte dargestellt. Die sich darunter befindlichen Zeichnungen geben jeweils Auskunft über Lage, Bewegungsrichtung oder Stillstand von Arbeitskolben und Verdrängerkolben beider Maschinen (26, 26a, 11, 11a) und des Zustandes der schaltbaren Absperrelemente (29, 29a). Bei letzteren bedeutet  $\equiv 0$  = geschlossen,  $\equiv 1$  = geöffnet.

Ferner kann an der Stellung des Konformators (30) und der Arbeitskolbenstangen Druck-lose Kopplung (33a) ersehen werden, ob die Arbeitsmaschine die Kältemaschine antreibt oder nicht. Fluid und Kolbenbewegungsrichtungen sind durch Pfeile gekennzeichnet.

Während der drei Arbeitsphasen geschieht folgendes:

10 Fig. 9a, Arbeitsmaschine Das Fluid wird isochor von a nach b erhitzt. Der Verdränger (11) bewegt sich auf den fixierten Arbeitskolben (26) zu.

Kältemaschine Das Fluid wird isobar durch Verschieben des Verdrängers von a' nach c' gekühlt. Der Arbeitskolben (26a) ist fixiert. Die Druck-lose Kopplung (33a) ist außer Eingriff.

15 Fig. 9b Arbeitsmaschine Das Fluid expandiert isotherm von b nach c. Arbeitskolben (26) und Verdrängerkolben (11) bewegen sich gemeinsam nach unten. Die Druck-lose Kopplung (30) ist im Eingriff. Das Absperrelement (29) ist geöffnet.

Kältemaschine Der Arbeitskolben (26a) komprimiert das Fluid. Der Verdrängerkolben ist im äußeren Totpunkt fixiert. Das Absperrelement (29a) ist geöffnet.

20 Fig. 9c Arbeitsmaschine Das Fluid kontrahiert durch regenerative Abkühlung von c nach a.. Arbeits- und Verdrängerkolben (26, 11) bewegen sich parallel nach oben. Das Absperrelement (29) ist geöffnet. Die Druck-lose Kopplung (30) ist außer Eingriff.

Kältemaschine Der Arbeitskolben (26a) ist durch das Absperrelement (29a) im unteren Totpunkt fixiert. Der Verdrängerkolben schiebt das Fluid von b' nach a' (isochore Kühlung).

25 Die Kältemaschine-Wärmepumpe nimmt also über (16a) Umgebungswärme auf (Kühler), komprimiert diese isotherm und gibt über (14a, Erhitzer) die Wärme wieder ab. Der dabei durchgeführte Dreitaktzyklus ist dem beschriebenen, erfindungsgemäßen Zyklus der Arbeitsmaschine prinzipiell analog, wird jedoch „umgekehrt“ durchfahren und arbeitet auf tieferem Temperaturniveau.

Neben dem reversiblen, effizienten Zyklus ist es dabei besonders vorteilhaft, dass sämtliche Wärmetauschvorgänge von Flüssigkeit zu Flüssigkeit erfolgen können. Dies ermöglicht, im Gegensatz zu üblichen Zweiphasengemischen bei klassischen Kältemaschinen wesentlich ökonomischere und effizientere Kühler/Erhitzewärmetauscher. Erfindungsgemäß kann, analog zur By-pass Schaltung der Fig. 7 (24c, 25c) eine solche Anordnung auch bei der Kältemaschine zum Einsatz kommen und somit das gekühlte Fluid ohne Totraumeffekte direkt durch die entsprechenden Kühlkörper strömen.

Da die Antriebs THK-Maschine und die angetriebene THK-Kältemaschine auf verschiedenen Temperaturniveaus arbeiten, müssen die Drücke einander angepaßt werden. Dies kann erfindungsgemäß entweder durch entsprechende Volumenverhältnisse vom Arbeitsmaschinenzylinder (13) zum Kältemaschinenzylinder (13a) geschehen, oder durch eine entsprechende Druckreduzierung mittels eines Stufenarbeitskolbens zwischen Konformator (30) und Kältemaschine.

Eine weitere, erfindungsgemäße Ausgestaltung der THK-Kältemaschine-Wärmepumpe nutzt das Grundprinzip der bekannten, nach dem Stirling Prinzip arbeitenden Vuilleumier Kältemaschine-Wärmepumpe unter Anpassung an den speziellen Zyklus der THK-Maschine. In Fig. 10 ist diese Variante schematisch dargestellt.

In einem gemeinsamen, durch die gut wärmeisolierte und druckfeste Wand (34) in zwei Arbeitsbereiche getrennten Zylinder (I = „heißer“ Zylinder; II = „kalter“ Zylinder) befinden sich jeweils ein linear angetriebener Verdrängerkolben mit angeschlossener Erhitzer-Regenerator-Kühler-Strecke. Dabei sind die dem „heißer“ Zylinder zugeordneten Elemente mit dem Index a, die dem „kalten“ Zylinder zugeordneten Elemente mit dem Index b gekennzeichnet. Durch das zeitlich steuerbare Ventil (35) werden zum gewünschten Zeitpunkt das Fluid aus Zylinder I und Zylinder II miteinander verbunden

Zu Beginn der Operation sind beide Zylinderhälften mit demselben Fluid bei gleichem Druck (vorteilhaft: 1 bar) gefüllt. Die Verdrängerantriebe 12a, 12b bewegen die Verdrängerkolben 11a, 11b mit um 90° verschobener Phase.

Im heißen Zylinder I wird das Fluid durch Erhitzung mittels 14a isochor auf hohen Druck gebracht. Nach Erreichen dieses Druckes wird das Ventil (35) geöffnet und das Druckfluid aus Zylinder I komprimiert unter Wärmeentwicklung das Fluid im Zylinder II. Nach erfolgtem Druckausgleich bewegt sich im „heißer“ Zylinder der Verdrängerkolben (11a) nach oben, während im „kalten“ Zylinder der Verdrängerkolben sich nach unten bewegt.

Dabei werden sowohl im Zylinder I als auch im Zylinder II die jeweiligen Wärmeinhalte regenerativ auf

die Regeneratoren 15a und 15b übertragen und für den folgenden Zyklusabschnitt zwischengespeichert. Im dritten Arbeitstakt bewegen sich (11a) und (11b) synchron nach oben. Sobald beide ihren oberen Totpunkt erreicht haben, schließt das Ventil (35) und der Zyklus beginnt wie beschrieben von Neuem.

5 Grundsätzlich agiert bei dieser erfindungsgemäßen Variante der Zylinder I als regenerativer Druckpulsator, während Zylinder II als Kältemaschine-Wärmepumpe den in Zylinder I nach rechts herum durchgeführten Zyklus des THK-Pulsators nach links herum durchläuft. Dabei wird einem gewünschten Raum durch (14b) bei niedriger Temperatur Wärme entzogen (Kältemaschine) und durch (16c) auf einem mittleren Temperaturniveau (Wärmepumpe) wieder abgegeben. Bei Betrieb als Wärmepumpe oder als Kombiaggregat (simultane Erzeugung von Kälte und Wärme) ist es sinnvoll, die Wärmeströme durch 10 (16c) und (16a) in Serie hintereinander zu schalten.

Grundsätzlich kann die hiermit beschriebene „Vuilleumier THK“-Kältemaschine-Wärmepumpe auch ohne das Ventil (35) betrieben werden. Erfindungsgemäß wird in diesem Falle das Ventil (35) durch eine permanente, kleine Durchgangsöffnung in der Wand (34) ersetzt. In diesem Falle werden die Verdränger (11a, 11b) nicht diskontinuierlich um 90° phasenverschoben bewegt, sondern kontinuierlich 15 um 90° phasenverschoben. Diese Vereinfachung des erfindungsgemäßen Zyklus hat jedoch, wegen der geringeren nutzbaren Druckschwankung, eine geringere Leistungsdichte. Dies kann grundsätzlich durch eine erhöhte Arbeitsfrequenz kompensiert werden, die jedoch, wegen der überproportional ansteigenden hydraulischen Druckverluste mit einem schlechteren Wirkungsgrad behaftet ist.

Bei der Wahl der Arbeitsfluide bietet sich eine breite Palette von Möglichkeiten an. Die wichtigsten 20 Auswahlkriterien sind: Temperatur und Zyklenstabilität, starke thermische Volumenvergrößerung, geringe Kompressibilität, hohe Wärmekapazität,  $c_p$  deutlich größer als  $c_v$ , hohe Siedepunkte, niedrige Gefrierpunkte, Umweltkompatibilität und Kosten.

Das, wie eingangs geschildert, von Malone benutzte Wasser weist zwar viele Vorteile auf, jedoch auch den grundsätzlichen Nachteil, dass es, um über den gesamten Arbeitszyklus flüssig zu bleiben mit >100 25 bar Vordruck belastet werden muss. Dies ist zwar mit den geschilderten THK Maschinen grundsätzlich realisierbar, macht allerdings Ausdehnungsbehälter und Windkessel nötig, die mit diesem Vordruck gefüllt sind.

Bevorzugt werden daher beim heutigen Stand der Technik insbesondere synthetische Öle, bei denen wie geschildert, gegen Atmosphärendruck gearbeitet werden kann, und die in Viskosität, Temperaturfestigkeit, 30 Kompressibilität und anderen wichtigen Parametern der Thermodynamik des THK maßgeschneidert angepasst werden können.

Da die THK Maschinen auch schon im mittleren Temperaturbereich von ca. 100°C bis ca. 400°C mit guten Wirkungsgraden arbeiten, und die Wärmeeinbringung (und Kühlung) des Fluids technisch besonders einfach zu realisieren ist, sind folgende Energiequellen zum Betrieb der THK von besonderem Interesse: Sonnenenergie inklusive des Nachtbetriebes durch thermische Speicher, alle biogenen Brennstoffe, Abwärmen im angesprochenen Temperaturbereich. Besonders geeignet sind THK Maschinen und kombinierte THK-Kältemaschinen-Wärmepumpen zur Kraft-Wärme Koppelung in Gebäuden, zur dezentralen Energieversorgung mit Sonne und/oder Biomasse und zur Rückverstromung von (Industrie)-Abwärme.

Der wegen des neuartigen Zyklusses einfache und kompakte Aufbau macht ökonomische Anlagen möglich. Aufgrund der hohen Energiedichte der Fluide können bei vertretbaren Anlagegewichten (stationäre Anwendungen) Arbeitsfrequenzen von deutlich unter 1 Hz gefahren werden. Dies minimiert nicht nur die Antriebsleistung der Verdrängerkolben, sondern erhöht zudem die Lebensdauer der Systeme.

## Patentansprüche:

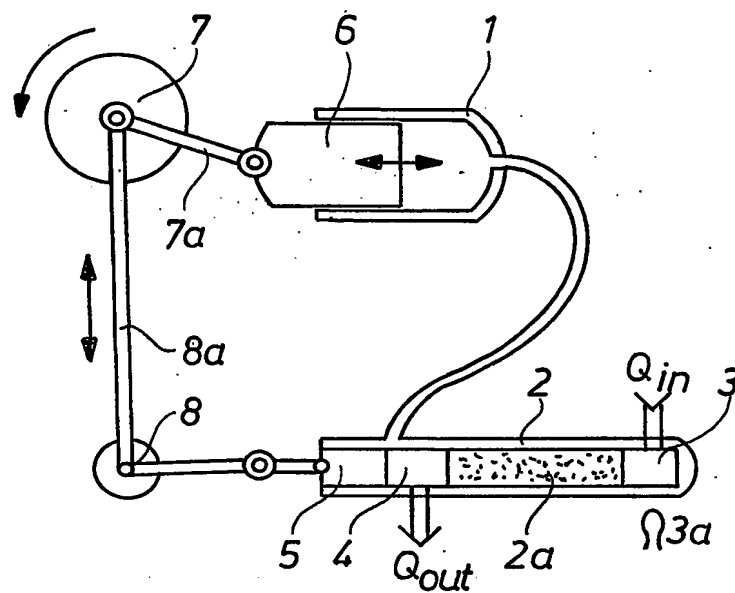
1. Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker („THK“) *dadurch gekennzeichnet, dass* eine Flüssigkeit im Inneren eines starren Zylinders mittels eines Hilfskolbens periodisch durch eine Erhitzer-Generator-Kühler oder Erhitzer-Rekuperator-Kühler Anordnung von heiß nach kalt und umgekehrt verschoben wird und dass die dadurch von der sich thermisch ebenfalls periodisch zusammenziehenden und ausdehnenden Flüssigkeitssäule ausgeübte Kraftwirkung größer als die Hilfskolbenantriebskraft ist.  
5
2. THK nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet, dass* die bei der thermischen Ausdehnung der Flüssigkeit freiwerdende Energie über geeignete technische Einrichtungen in nützliche mechanische Arbeit umgewandelt wird.  
10
3. THK nach Ansprüchen 1 und 2, *dadurch gekennzeichnet, dass* die sich thermisch ausdehnende Flüssigkeit periodisch durch einen Hydraulikmotor strömt und an dessen Welle Rotationsenergie erzeugt.
4. THK nach Ansprüchen 1 und 3, *dadurch gekennzeichnet, dass* dem Hydraulikmotor ein mit Atmosphärendruck oder leichtem Überdruck beaufschlagtes Ausdehnungsgefäß nachgeschaltet ist.  
15
5. THK nach Ansprüchen 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet, dass* der von der expandierenden Flüssigkeitssäule erzeugte Druck zeitlich und im Betrag durch ein schaltbares Absperrerelement geregelt werden kann.  
20
6. THK nach Ansprüchen 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet, dass* der gewünschte sich einstellende Flüssigkeitsdruck entweder durch das Verhältnis des Volumenstromes der expandierenden Flüssigkeit und dem Schluckvolumen des Hydraulikmotors definiert ist, oder durch eine Kombination dieses Effektes mit dem regelbaren Absperrerelement aus Anspruch 5.
7. THK nach Ansprüchen 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Arbeitsabgabe des Fluids während der Expansion geschieht, dieses bis auf den Umgebungsdruck oder einen nur geringfügig darüberliegenden Druck entspannt wird, und die Rückführung des Fluids in den Anfangsbestand durch Zusammenziehen über einen reversiblen Kühlvorgang erfolgt.  
25

8. THK nach Ansprüchen 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet, dass* die der Expansion- und Kontraktion unterliegende Flüssigkeit zur gleichen Zeit die Hydraulikflüssigkeit des Motors ist.
9. THK nach Ansprüchen 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet, dass* als Arbeits- und Hydraulikflüssigkeit verschiedene Medien eingesetzt werden, die durch ein elastisches Element voneinander getrennt sind.
10. THK nach Ansprüchen 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet, dass* zur Minimierung der beim Verschieben des Arbeitsflüssigkeit entstehenden hydrodynamischen Reibung die Durchtrittsquer-schnitte im Erhitzer, Regenerator-Rekuperator, Kühler dem Temperatur-Viskositätsverhalten der Arbeitsflüssigkeit angepasst wird.
- 10 11. THK nach Ansprüchen 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet, dass* die oszillierende lineare Kraft-entfaltung der expandierenden Flüssigkeitssäule direkt, ohne die Umwandlung in rotatorische Energie unter Zwischenschaltung geeigneter Druckkonformatoren zur Kompression von Luft, zur Druckerzeugung in reverse osmosis Anlagen, zum Betrieb von Kältekompressoren und ähnli-chen, mit linearen Bewegungen arbeitenden Energiewandlern, gekoppelt wird.
- 15 12. THK nach Ansprüchen 1 bis 11, *dadurch gekennzeichnet, dass* eine mit einem Druckkonforma-tor und einer linearen Druck-lose Koppelung ausgestattete Maschine mittels Fremdenergie be-trieben wird und als Kältemaschine-Wärmepumpe arbeitet.
13. THK nach Anspruch 12, *dadurch gekennzeichnet, dass* die antreibende Energie aus einer THK-Antriebsmaschine besteht.
- 20 14. THK nach Ansprüchen 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Kältemaschine-Wärmepumpe durch eine 1-Zylinder-Anordnung realisiert wird, bei der eine im heißen Teil des Zylinders arbeitende THK-Maschine als Druckpulsator dient, während eine im kalten Teil des Zylinders arbeitende, den Zyklus umgekehrt durchfahrende, phasenverschoben arbeitende zweite THK-Maschine als Kältemaschine-Wärmepumpe arbeitet.
- 25 15. THK nach Ansprüchen 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet, dass* mehrere, zeitlich phasenverscho-bene angetriebene Zylinder zu einer Glättung der abgegebenen Leistung führen.
16. THK nach Anspruch 15, *dadurch gekennzeichnet, dass* bei Mehrzylinderanordnungen die Rege-natoren durch Gegenstromwärmetauscher zwischen den Zylinder ersetzt werden können.

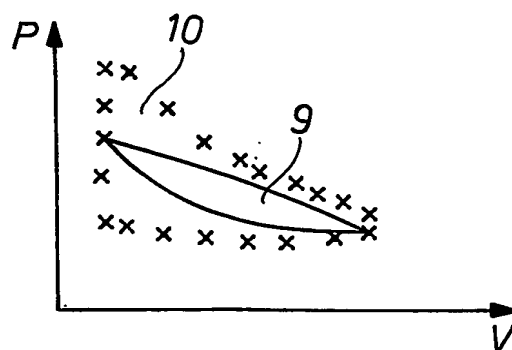
17. THK *dadurch gekennzeichnet, dass* eine in einem Arbeitszylinder eingeschlossene Flüssigkeit mittels eines Verdrängerkolbens periodisch durch einen Wärmeregenerator zwischen einer heißen und kalten Quelle verschoben wird und der sich bei Erwärmung unter Druck aufbauende Expansionsvolumenstrom durch einen hydraulischen, nachgeschalteten Motor in mechanische Rotationsenergie umgesetzt wird, wobei die Flüssigkeit nach Arbeitsabgabe am Motor im Regenerator regenerativ rückgekühlt wird und sich dadurch im Volumen so verkleinert, dass sie wieder in den Arbeitszylinder passt.
18. THK *dadurch gekennzeichnet, dass* eine in einem Arbeitszylinder eingeschlossene Flüssigkeit von einem sich zwischen einer heißen und kalten Quelle hin und her bewegendem Regenerator durchdrungen wird und der sich bei Erwärmung unter Druck aufbauende Expansionsvolumenstrom durch einen hydraulischen, nachgeschalteten Motor in mechanische Rotationsenergie umgesetzt wird, wobei die Flüssigkeit nach Arbeitsabgabe am Motor im Regenerator regenerativ rückgekühlt wird und sich dadurch im Volumen so verkleinert, dass sie wieder in den Arbeitszylinder passt.
19. THK *dadurch gekennzeichnet, dass* eine Flüssigkeit regenerativ periodisch erhitzt und dann wieder abgekühlt wird, sodass der sich bei der Erhitzung einstellende expandierende Druck-Volumenstrom in einer Arbeitsmaschine mechanische Arbeit leistet und die bei der anschließenden Kühlung erfolgende Volumenkontraktion die Flüssigkeit an den Anfangspunkt eines thermodynamischen Kreisprozesses zurückführt.



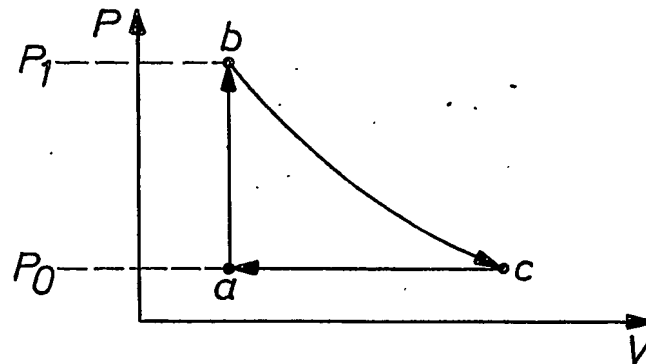
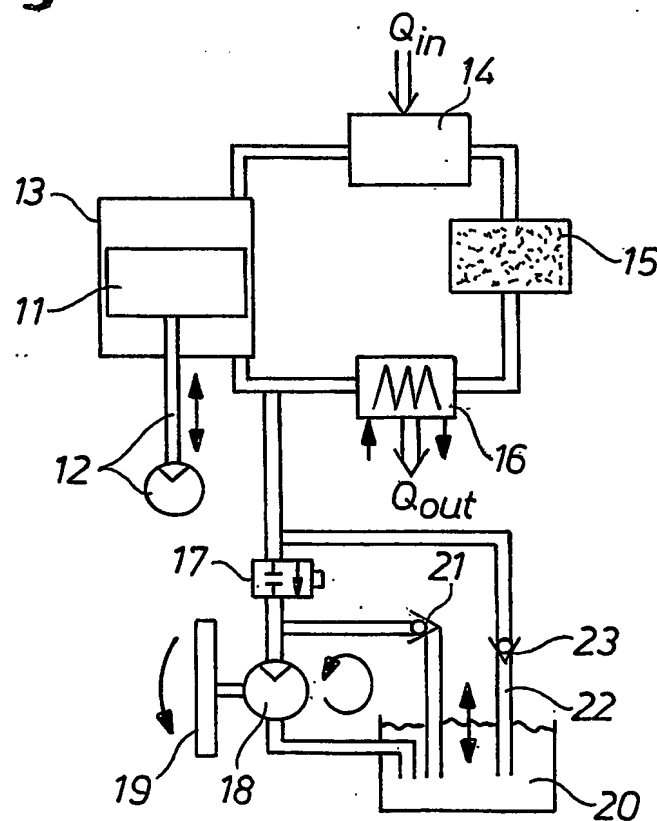
**Fig. 1**



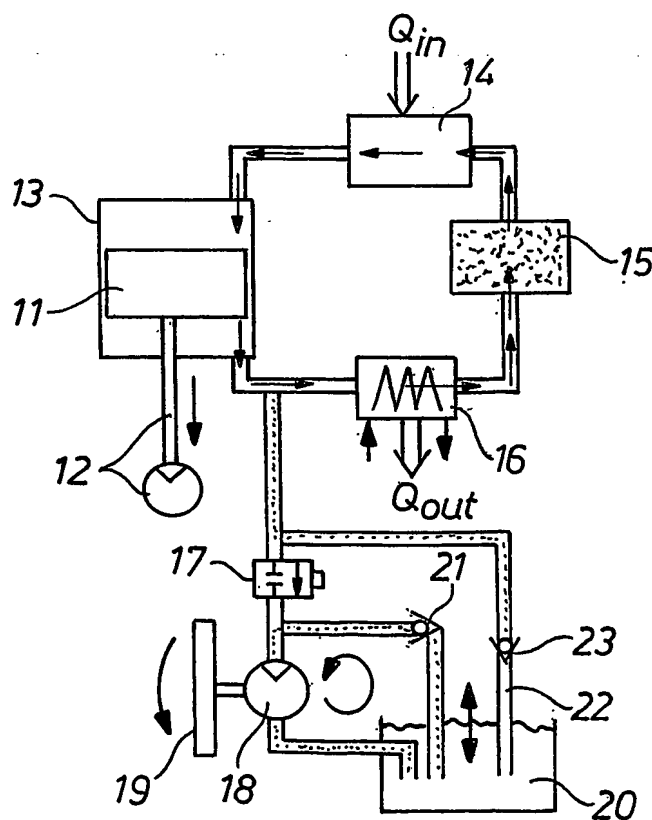
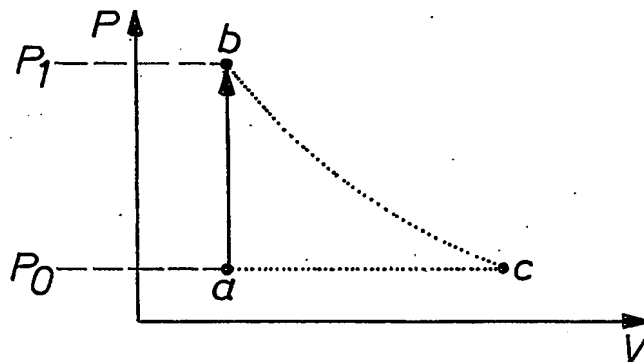
**Fig. 2**



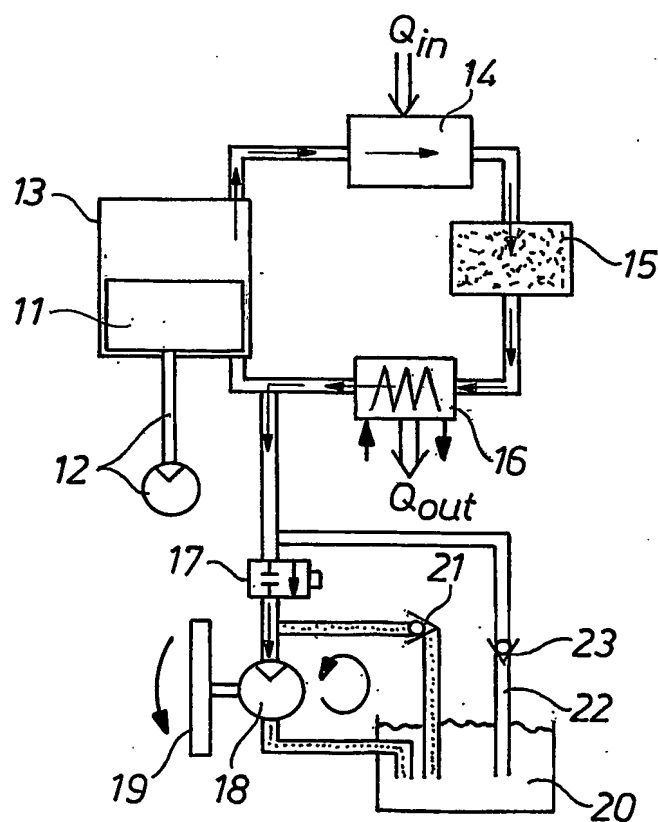
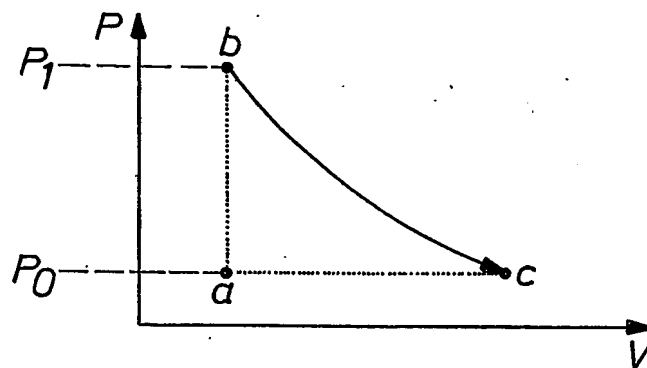
- 2 / 12 -

**Fig. 3****Fig. 4**

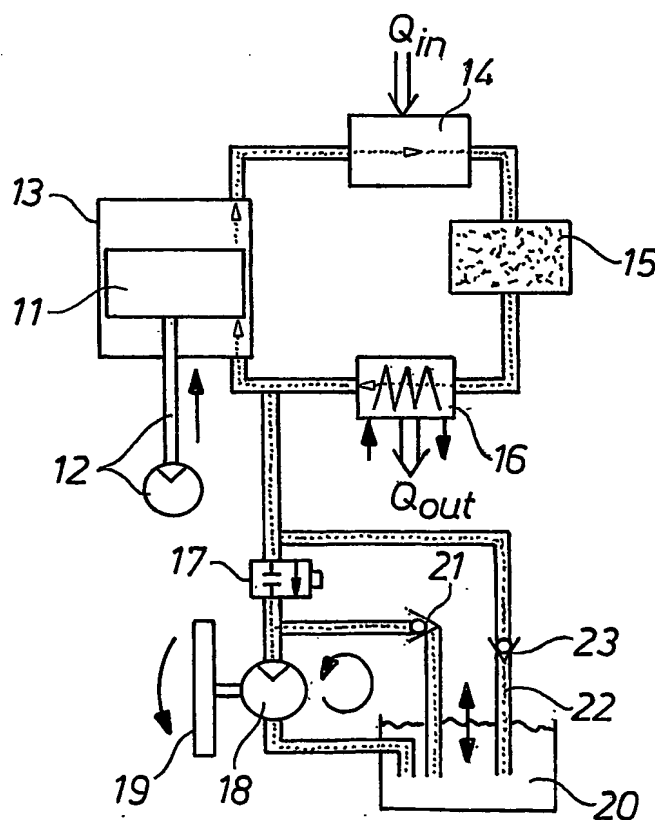
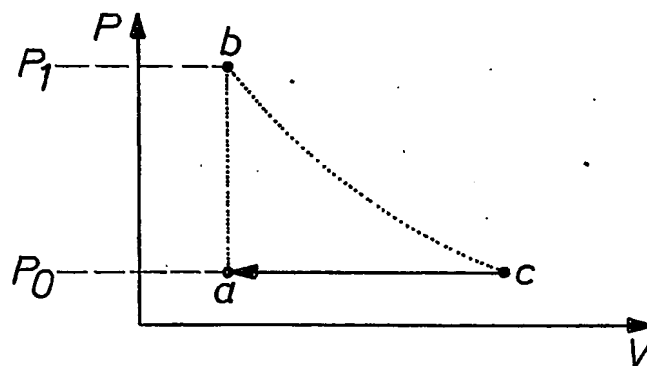
- 3/12 -

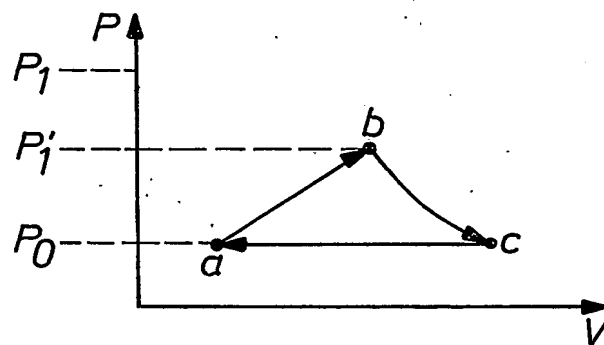
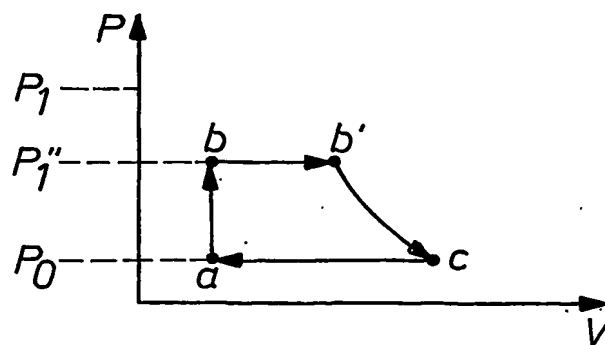
**Fig. 4a**

- 4 / 12 -

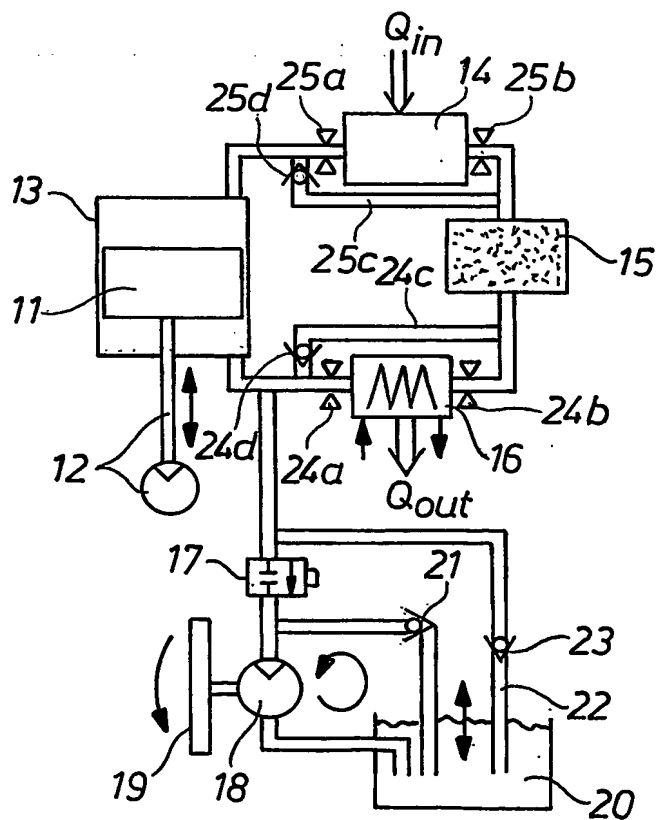
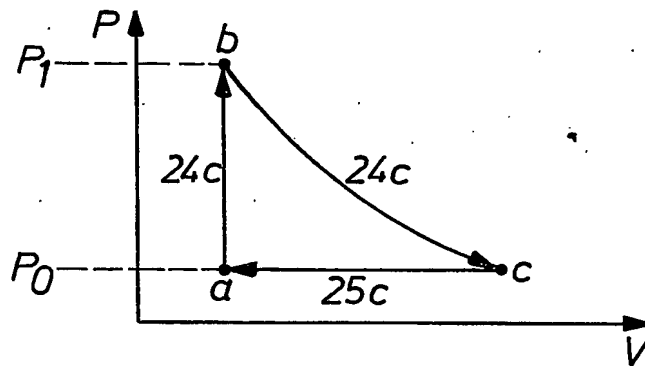
**Fig. 4b**

- 5 / 12 -

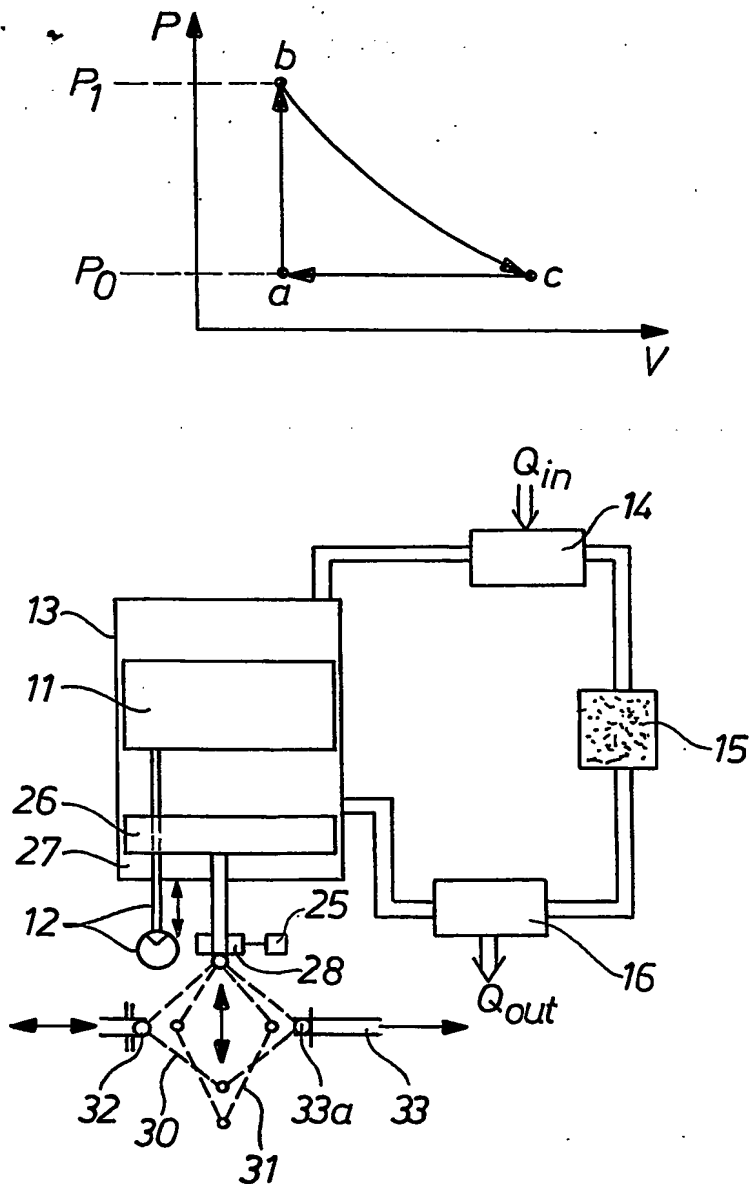
**Fig. 4c**

**Fig. 5****Fig. 6**

- 7 / 12 -

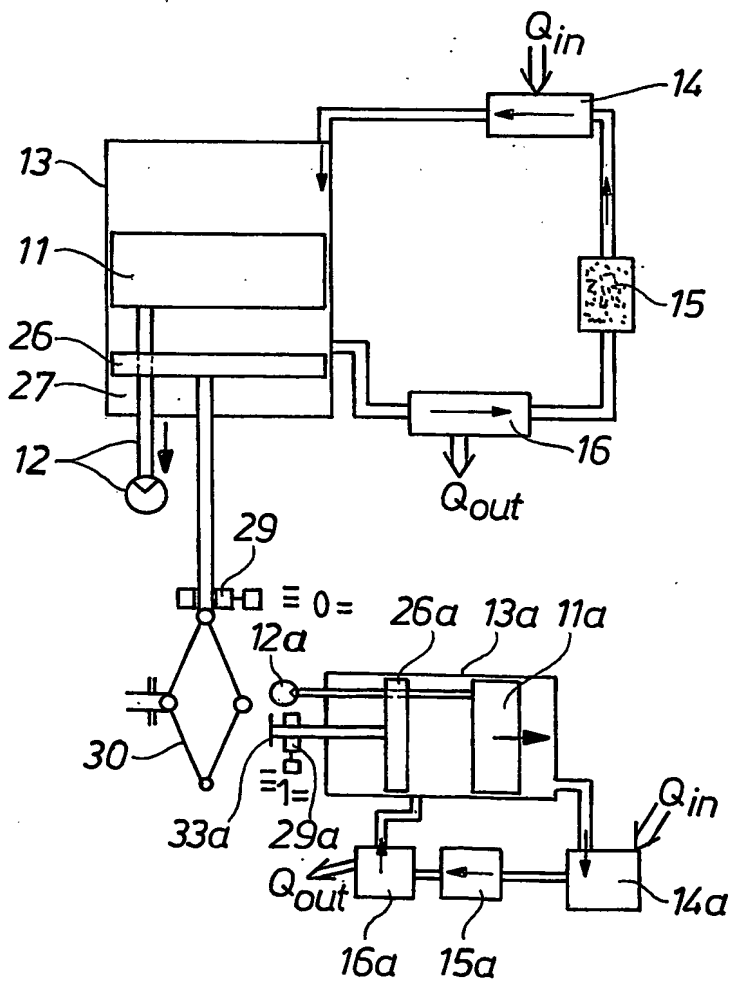
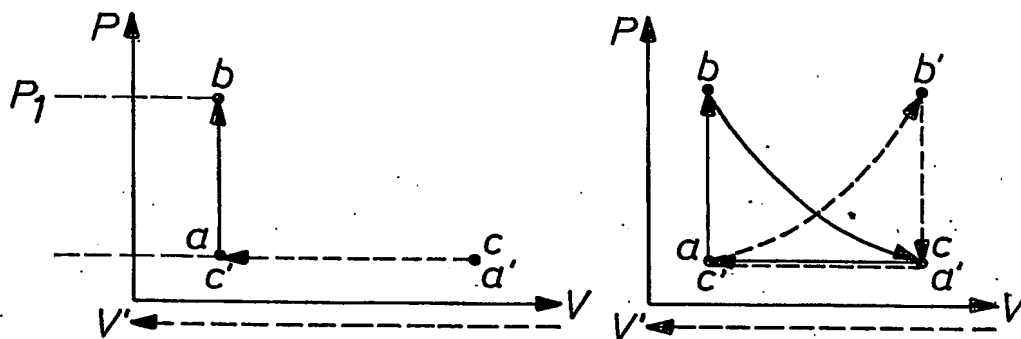
**Fig. 7**

**Fig. 8**

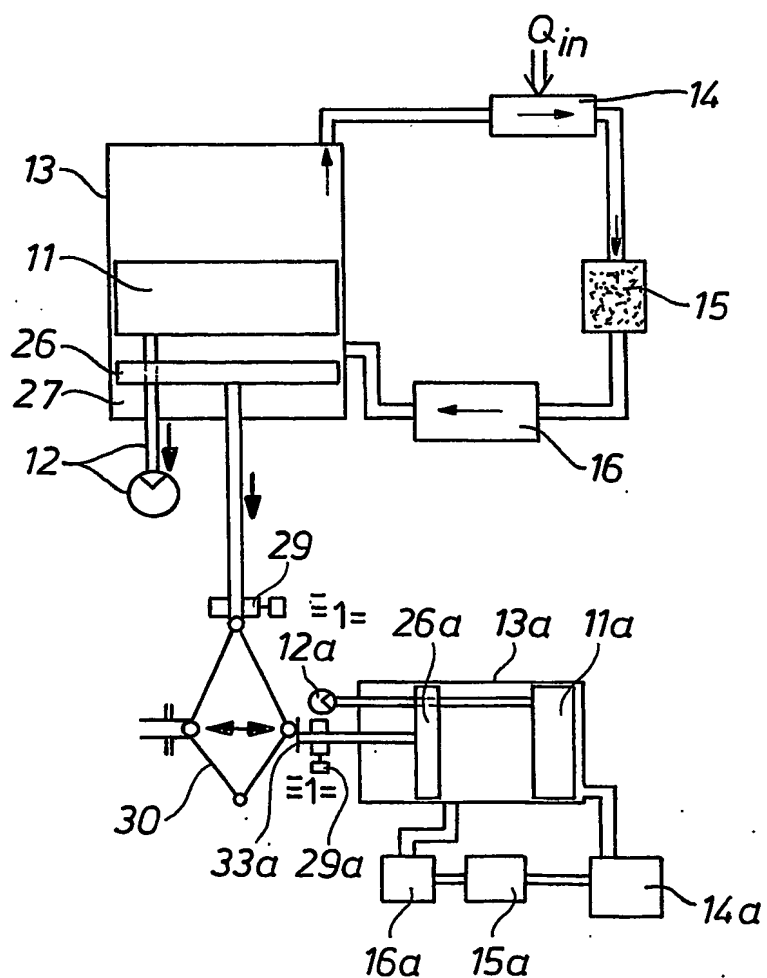
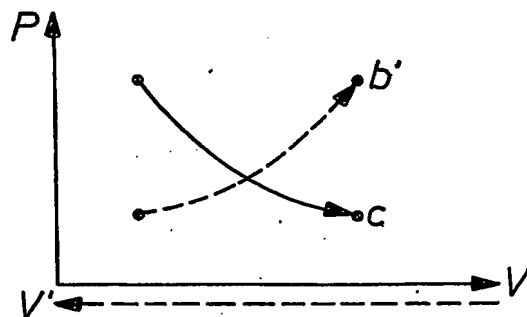




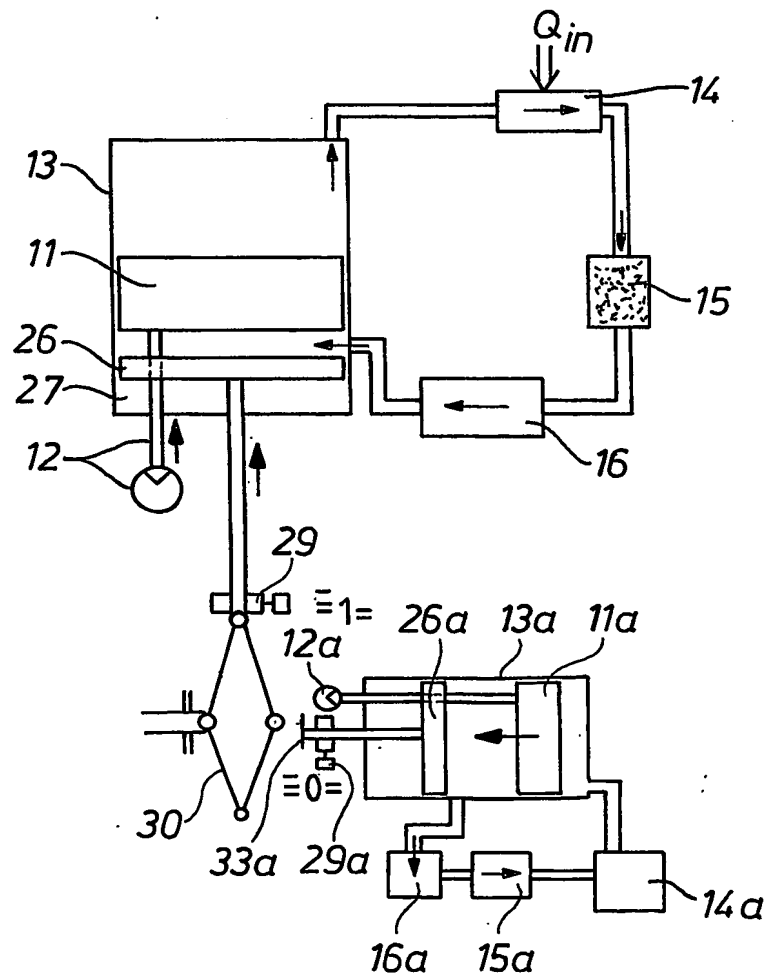
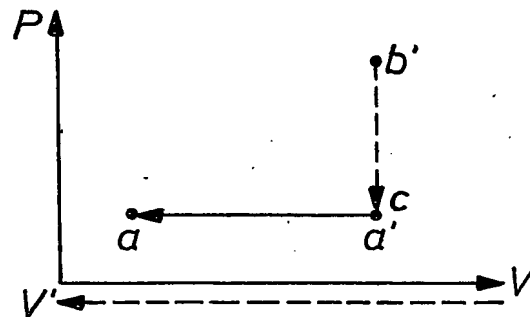
**Fig. 9a**



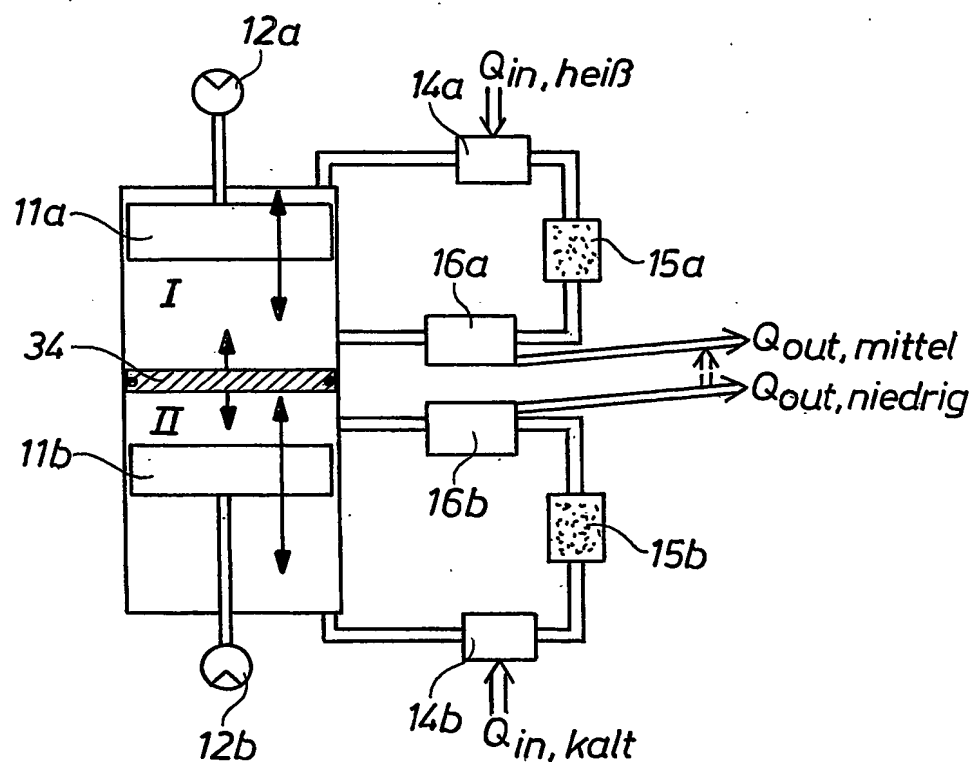
- 10/12 -

**Fig. 9b**

- 11/12 -

**Fig. 9c**

- 12 / 12 -

**Fig. 10**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02810

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02G1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02G F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 963 853 A (WESTCOTT JR WILLIAM B) 13 December 1960 (1960-12-13) column 2, line 28 - column 5, line 11; figures 1,5,6	1,2,7,19
X	GB 769 368 A (JAMES WINDRUM; SPENCER WIRE COMAPNY LTD) 6 March 1957 (1957-03-06) page 1, line 54 - page 2, line 64; figure 1	1
X	DE 199 59 687 A (GIMSA ANDREAS) 6 September 2001 (2001-09-06) column 2, line 2 - line 58; figure 1	1
A	EP 0 043 879 A (THERMAL SYSTEMS LTD) 20 January 1982 (1982-01-20) page 12, line 6 - page 14, line 30; figure 1	1
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 November 2003

Date of mailing of the international search report

04/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pileri, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/02810

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 253 (M-512), 29 August 1986 (1986-08-29) &amp; JP 61 079842 A (AISIN SEIKI CO LTD), 23 April 1986 (1986-04-23) abstract</p> <p>-----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02810

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2963853	A	13-12-1960	GB 920336 A	06-03-1963
GB 769368	A	06-03-1957	NONE	
DE 19959687	A	06-09-2001	DE 19959687 A1	06-09-2001
EP 0043879	A	20-01-1982	DE 3049124 A1	25-02-1982
			EP 0043879 A2	20-01-1982
			GB 2080431 A , B	03-02-1982
			JP 57140505 A	31-08-1982
			NL 8007070 A	16-02-1982
			NL 8007071 A	16-02-1982
			US 4393653 A	19-07-1983
JP 61079842	A	23-04-1986	JP 1652195 C	30-03-1992
			JP 3018029 B	11-03-1991

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 F02G1/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 F02G F01K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 963 853 A (WESTCOTT JR WILLIAM B) 13. Dezember 1960 (1960-12-13) Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 5, Zeile 11; Abbildungen 1,5,6	1,2,7,19
X	GB 769 368 A (JAMES WINDRUM; SPENCER WIRE COMAPNY LTD) 6. März 1957 (1957-03-06) Seite 1, Zeile 54 - Seite 2, Zeile 64; Abbildung 1	1
X	DE 199 59 687 A (GIMSA ANDREAS) 6. September 2001 (2001-09-06) Spalte 2, Zeile 2 - Zeile 58; Abbildung 1	1
A	EP 0 043 879 A (THERMAL SYSTEMS LTD) 20. Januar 1982 (1982-01-20) Seite 12, Zeile 6 - Seite 14, Zeile 30; Abbildung 1	1

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. November 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2003

 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pileri, P



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02810

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 253 (M-512), 29. August 1986 (1986-08-29) &amp; JP 61 079842 A (AISIN SEIKI CO LTD), 23. April 1986 (1986-04-23) Zusammenfassung -----</p>	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Schutzzeichen

PCT/DE 03/02810

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2963853	A	13-12-1960	GB	920336 A	06-03-1963
GB 769368	A	06-03-1957	KEINE		
DE 19959687	A	06-09-2001	DE	19959687 A1	06-09-2001
EP 0043879	A	20-01-1982	DE	3049124 A1	25-02-1982
			EP	0043879 A2	20-01-1982
			GB	2080431 A ,B	03-02-1982
			JP	57140505 A	31-08-1982
			NL	8007070 A	16-02-1982
			NL	8007071 A	16-02-1982
			US	4393653 A	19-07-1983
JP 61079842	A	23-04-1986	JP	1652195 C	30-03-1992
			JP	3018029 B	11-03-1991

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☒ **OTHER:** small text

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**